UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

AVALIAÇÃO DAS TAXAS DE EROSÃO QUÍMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MONJOLO GRANDE, IPEÚNA (SP).

Edvaldo Guedes Junior

Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição

Rio Claro (SP)

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

EDVALDO GUEDES JUNIOR

AVALIAÇÃO DAS TAXAS DE EROSÃO QUÍMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MONJOLO GRANDE, IPEÚNA (SP)

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP
2012

551.4a Guedes Junior, Edvaldo
G924a Avaliação das taxas de erosão química da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande Ipeúna (SP) / Edvaldo Guedes Junior. - Rio Claro : [s.n.], 2012
52 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Fabiano Tomazini da Conceição

1. Geomorfologia. 2. Processos exógenos. 3. Formação do relevo. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

EDVALDO GUEDES JUNIOR

AVALIAÇÃO DAS TAXAS DE EROSÃO QUÍMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MONJOLO GRANDE, IPEÚNA (SP)

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora

Fabiano Tomazini da Conceição (orientador)

Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Rio Claro, 10 de Janeiro de 2013.

Dedico este trabalho à minha família que me deu todo apoio necessário para que eu pudesse cumprir mais esta etapa em minha vida. Pai, Mãe, André, Davi e Larissa, vocês são minha maior motivação.

Agradecimentos,

Em primeiro lugar agradeço a Deus, sem o qual eu nada poderia fazer. É com grande satisfação que escrevo estes agradecimentos, acredito que este momento, de expressar minha gratidão por todos que me ajudaram, é a hora mais prazerosa da elaboração de qualquer trabalho que seja.

Agradeço aos meus pais Edvaldo e Vera pelos conselhos, amor, e preceitos que moldaram o meu caráter. Em palavras não é possível expressar minha gratidão e a importância de vocês para mim. Aos meus irmãos André, Davi e Larissa, além de todos os tios e primos dessa grande família. Se eu for citar todos, esta pagina de agradecimentos será mais extensa que o trabalho que ela precede. Obrigado por tornarem minha vida mais feliz.

Agradeço ao meu orientador e amigo, Prof. Fabiano Tomazini da Conceição. Obrigado pelo acolhimento e orientações que me guiaram até aqui na Unesp. Agradeço ao Prof. Sérgio dos Anjos, pelas preciosas orientações e ajudas desde o tempo desde o começo de minha graduação. A todo pessoal do CEAPLA em especial à Dê, Carlão, Juliene, Sérgio Antonello e Prof. Gilberto Garcia sinto saudades da época em que estava na companhia de vocês.

Agradeço aos meus amigos Luiz Henrique, Eder e Edvânia e Izabel pela preciosa ajuda e atenção que me foi dispensada e pelos vários momentos de aprendizagem nos quais vocês me proporcionaram. Aos amigos da saudosa republica "Repingaiada" pelos momentos de futebol, video game, cerveja, festas, conversa fiada e também discussões filosóficas e cientificas; esses momentos é que fazem com que a Universidade marque nossas vidas!

Aos grandes e velhos amigos Marcos Botelho, José Carlos Bonini e Iuri Baranov que me acompanham desde a época de colégio. Penso que amizades como a de vocês é algo raro hoje em dia.

Agradeço à FAPESP pela bolsa de estudos sem a qual este trabalho seria inviável.

Por fim, a todos os colegas de curso e de universidade que conviveram comigo ao longo destes anos, cuja convivência foi muito construtiva em todos os aspectos.

RESUMO

O desenvolvimento das sociedades humanas e suas atividades geram diversos impactos sobre o meio ambiente e os recursos naturais, tendo como consequência o surgimento de problemas que afetam a dinâmica sistêmica do Planeta Terra. Estudar estes impactos constitui uma forma de entender o funcionamento deste sistema e empreender esforços no sentido de prevenir, minimizar e antecipar cenários causados pelos impactos ambientais. Neste sentido, a partir de uma abordagem sistêmica busca-se compreender a maneira de como ocorre à interação dos elementos que compõem o os ecossistemas, adotando para esta tarefa a bacia hidrográfica como uma unidade natural de planejamento e gestão, tendo em vista o fato de todos os elementos da paisagem (atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera) interagirem de maneira que os reflexos das atividades antrópicas podem ser representados nesta unidade.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo quantificar as taxas de erosão química na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, Ipeúna (SP), sendo esta analise relevante para a caracterização geomorfológica da área, podendo servir para uma melhor exploração dos recursos naturais.

Palavras Chave: Erosão Química, Bacia Hidrográfica, Processos Exógenos.

ABSTRACT

The development of human societies and their activities generate many impacts on the environment and natural resources. The consequence of these problems is a disturbance of the systemic dynamics of Planet Earth. Study these impacts are a way to understand the workings of this system and undertake efforts to prevent minimize and anticipate scenarios caused by environmental impacts. In this sense, from a systemic approach seeks to understand the way how is the interaction of the components of the ecosystems, adopting for this task the hydrographic basin as a natural unit of planning and management in view of the fact all landscape elements (atmosphere, hydrosphere, biosphere and geosphere) interact so that the reflections of human activities can be represented in this unit.

Thus, this study aims to quantify chemical erosion rates in the hydrographic basin of Ribeirao Monjolo Grande, Ipeúna (SP), which is relevant to analyze the geomorphological characteristics of the area, which may serve to better exploitation of natural resources.

Key Words: Chemical Erosion, Hydrographic Basin, Surface Process

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
2 OBJETIVOS 11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 12
3.1 Bacia Hidrográfica 12
3.2 Sistemas Ambientais e Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento e Gestão 14
3.3 Intemperismo e Erosão: Fatores Controladores e Taxas de Erosão Química 16
4. MATERIAIS E MÉTODOS 21
4.1 Caracterização Fisiográfica da Bacia do Ribeirão Monjolo Grande 21
4.2 Avaliação das taxas de erosão química 21
4.3 Amostragem e técnicas analíticas 23
4.4 Base Cartográfica 25
5. ÁREA DE ESTUDO 26
5.1 Localização 26
5.2 Contexto Geomorfológico 27
4.3 Geologia 28
4.3.1 Formação Corumbataí 28
4.3.2 Formação Pirambóia 28
4.3.3 Formação Botucatu 29
4.3.4 Formação Serra Geral 29
4.3.5 Formação Itaqueri 29
4.4 Pedologia 30
4.5 Redes de Drenagem 32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35
6.1 Parâmetros Fisico-Químicos 35
6.2 Quantificação das Taxas de Erosão Química 39
7 CONCLUSÕES 41
8 REFERÊNCIAS 42

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das sociedades humanas e suas atividades provocam diversos impactos sobre o meio ambiente e sobre os recursos naturais, promovendo o desequilíbrio dos ecossistemas e o esgotamento dos recursos naturais. Todo o modelo de desenvolvimento e evolução da sociedade moderna esta lastreada à exploração de recursos naturais, necessários para desenvolvimento e manutenção do gênero de vida moderno. A evolução das técnicas de exploração e produção que ocorreram a partir das revoluções industriais aliados ao desenvolvimento da ciência, muitas tem causado a degradação dos ecossistemas, de maneira que a capacidade de renovação dos recursos naturais é ignorada, gerando as mais variadas formas de impactos ambientais.

Entende-se por impactos ambientais, qualquer alteração das características físicas, químicas ou biológicas dos ecossistemas naturais causados em função da ação antrópica. Os impactos ambientais aumentaram exponencialmente em função do crescimento demográfico, que gera uma grande demanda por recursos como terras agricultáveis para produção de alimentos; água potável; eletricidade; infra-estruturas urbanas e serviços. A progressão deste quadro gera um contexto de impactos e danos que se dão tanto no espectro ambiental quanto no espectro social e econômico que geram grandes problemas e desafios para a sociedade gerir. Intempéries ambientais e sociais como a geração de resíduos e sua disposição final; a perda de biodiversidade; enchentes; poluição atmosférica e dos recursos hídricos; aceleração de processos erosivos e esgotamento de reservas naturais são questões que colocam em xeque o modelo de desenvolvimento calcado na exploração do meio ambiente desconsiderando sua capacidade de renovação.

Cotidianamente, vários segmentos da sociedade têm alertado sobre a necessidade de ações mitigadoras do processo de degradação dos ecossistemas. Segundo o relatório "Decoupling" do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - UNEP - elaborado em 2011, no inicio do século XX a humanidade consumia um total estimado de seis bilhões de toneladas de recursos naturais, passando a consumir quarenta e nove bilhões de toneladas no ano 2000, sendo hoje estimado um consumo de cinquenta e nove bilhões de toneladas. Mantida esta taxa de consumo, projeta-se para o ano de 2050 um consumo de cento e quarenta

bilhões de toneladas de recursos naturais, ou seja, algo muito além do sustentável, estando as gerações futuras correndo o risco de ficarem desprovidas dos recursos naturais necessários para sua manutenção.

Tendo em vista este panorama, é de fundamental proeminência a elaboração de esforços no sentido de se minimizar os impactos ambientais em decorrência de sua exploração através da elaboração de projetos que visem o planejamento e gestão dos recursos naturais de maneira racional e sustentada, visando a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e socioeconômico. Pode-se atingir este objetivo através de um profundo conhecimento do meio ambiente físico, compreendendo seu intercambio de matéria e energia e a dinâmica de interação entre os elementos responsáveis pelos processos físicos e químicos que ocorrem na natureza, compreendendo em que grau se da à interferência do homem nestes processos.

Os debates em torno da questão ambiental ganham cada vez mais notoriedade, fato este que pode ser percebido através do crescente apelo que a questão ambiental apresenta na mídia. Diversas cúpulas reunindo lideres mundiais visam propor maneiras de se obter um crescimento econômico que não venha onerar os ecossistemas. Neste sentido, o estudo dos processos morfogenéticos atuantes na superfície terrestre constituem um importante subsídio para a compreensão das dinâmicas do sistema Terra, sendo que estes processos são responsáveis pela formação diversas feições da superfície terrestre, regulando a formação e evolução das vertentes. Segundo Christofoletti (1980), as vertentes constituem superfícies inclinadas que podem ser terrestres ou submarinas, sendo as terrestres abrangedoras de todos os elementos da superfície terrestre. De acordo com Christofoletti (1980), os processos que regulas a formação e evolução das vertentes podem se dar pro processos endógenos, ou seja, do interior da litosfera, como orogenia, epirogênese e vulcanismo; ou advir de processos exógenos, aqueles que ocorrem sobre a superfície terrestre dentre eles, as diversas formas de intemperismo, ablação, transporte e deposição de sedimentos. O estudo dos processos morfogenéticos constitui uma forma de compreender a relação sistêmica entre os elementos do meio físico e a partir desta compreensão buscar formas de mitigação dos danos causados aos ecossistemas em decorrência das atividades humanas.

2 OBJETIVOS

Dentre os recursos naturais atingidos pelas atividade humanas, damos destaque neste trabalho para o solo e a água, recursos estes ligados aos processos hidrológicos, biológicos e físico-químicos que atuam em um sistema ambiental. Neste sentido, tomamos a bacia hidrográfica como unidade de estudo capaz de representar de maneira sistêmica a interação de todos os elementos que compõe o meio ambiente e desta forma, analisar processos morfogenéticos atuantes em bacias hidrográficas com destaque para os processos de formação do solo mediante os processos de intemperismo.

Dentre os processos de formação e perda de solo, Conceição (2004) destaca que o estudo dos processos erosivos é de fundamental importância para a compreensão da evolução das paisagens, sendo o produto destes processos a base para o desenvolvimento das atividades humanas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é a avaliação das taxas de erosão química atuantes na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, situada na zona rural do município de Ipeúna - SP. A erosão química é um dos principais fenômenos da geoquímica de superfície e sua quantificação é importante para a caracterização geomorfológica dos continentes e preservação dos solos além de subsidiar ações voltadas à gestão e preservação dos recursos naturais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Bacia Hidrográfica

Bacia Hidrográfica é formada por uma unidade de área da superfície terrestre composta por uma rede de canais de drenagem e delimitada por divisores topográficos que estabelecem uma área de captação da precipitação drenando água, sedimentos, materiais dissolvidos e em suspensão para um único ponto de saída, o exutório da bacia. As bacias hidrográficas são de grande importância para estudos que visem compreender a dinâmica de seus componentes, sendo desta forma considerada a menor unidade da paisagem capaz de integrar todos os componentes do meio natural: atmosfera, vegetação, solos, substrato rochoso, águas superficiais e de sub-superfície, sendo, portanto, um sistema que melhor reflete as respostas do meio natural frente às atividades antrópicas (ANDREOZZI, 2005).

A unidade geográfica para estudos hidrológicos é a bacia hidrográfica na qual podemos quantificar o ciclo da água. Segundo Christofoletti (1980), a quantidade de água em uma bacia hidrográfica é função do tamanho da área da bacia, delimitada pelos divisores topográficos; dos fatores climáticos que regulam a precipitação que atinge a área; e das perdas devido à evapotranspiração e à infiltração. De acordo com Christofoletti (1980), as bacias hidrográficas podem ser qualificadas de acordo com o escoamento da drenagem, sendo classificadas em exorreicas, endorreicas, arreicas e criptorréicas. Drenagens exorréicas ocorrem quando o escoamento dos canais desembocam diretamente no mar. É um típico exemplo da Bacia Amazônica. A drenagem é do tipo endorreica ocorre quando as drenagens desembocam internamente nos continentes, a exemplo da Bacia Hidrográfica do Tiête. Drenagens do tipo arreicas não apresentam um padrão de drenagem definido, é típica de áreas áridas onde há predominância de drenagens intermitentes. Por fim, as drenagens criptoreicas ocorrem quando as bacias hidrográficas são subterrâneas, típicas de regiões cársticas.

Christofoletti (1980) destaca que os padrões de drenagem são assunto amplamente discutido no contexto do estudo de bacias hidrográficas. Os padrões de drenagem dizem respeito à disposição espacial dos canais de drenagem, sendo

função de fatores geológicos e estruturais, fatores pedológicos e fator da morfologia e evolução geomorfológica da região. Quanto a este critério, os padrões mais usuais para classificação da drenagem são: Dendrítico, Treliça, Retangular, Paralela, Radial, Anelar e Irregulares.

De acordo com Christofoletti (1980), o padrão de drenagem dendritica se desenvolve sobre rochas de resistência uniforme e em estruturas sedimentares horizontais. Os canais distribuem-se em todas as direções do terreno, sem uma orientação preferencial, assemelhando-se à configuração de uma árvore onde os canais de menor expressão são comparados aos galhos e folhas mais finos enquanto que os canais de maior largura são comparáveis aos troncos e galhos de maior diâmetro. As drenagens em treliça se desenvolvem sobre áreas onde os canais principais fluem paralelamente acompanhando a direção da inclinação das camadas do substrato rochoso. Os canais secundários do padrão treliça fluem perpendicularmente em relação aos canais principais. O padrão treliça constitui um padrão de drenagem que recebe forte influência de fatores estruturais. Os padrões de drenagem retangular ocorrem sobre áreas com forte influência do fator estrutural que compõe o substrato rochoso da região, caracterizada por falhas, sistemas de juntas ou diáclases. Apresenta aspecto ortogonal, resultado de alterações retangulares nas correntes fluviais. Padrões de drenagem paralela ocorrem em áreas onde as vertentes apresentam declividade acentuada, geralmente recebendo influência de controle estrutural que promovem o aspecto do espalhamento paralelo dos canais de drenagem. O padrão de drenagem radial desenvolve-se sobre os mais variados tipos de estruturas e embasamento apresentando uma disposição semelhante aos raios de uma roda em relação a um ponto central. O padrão radial pode ser do tipo centrífuga, quando os canais divergem a partir de um ponto central elevado acompanhando o mergulho das camadas do substrato rochoso; ou centrípeta, quando os canais de drenagem convergem para um ponto central. O padrão anelar é típico de áreas dômicas onde a drenagem assemelha-se a anéis que se acomodam aos afloramentos de rochas mais frágeis originando cursos que acompanham a estrutura rochosa. Por fim, as drenagens irregulares resultam de levantamentos ou entulhamentos recentes de forma que a drenagem ainda não teve tempo de se organizar.

A bacia do Ribeirão Monjolo Grande tem sido como um laboratório de pesquisas que tem por objetivo entender a atuação de processos e fenômenos

naturais que podem ser analisados de maneira sistêmica, tendo a unidade de bacia hidrográfica como plano de análise. Pereira (2010) analisou a dinâmica de processos erosivos com base na malha fundiária e técnicas de modelagem; Spatti (2011) analisou os fenômenos de transporte de sedimentos e a qualidade da água; Corrêa (2011) estudou os índices de cobertura vegetal por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

3.2 Sistemas Ambientais e Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento e Gestão

Segundo Christofoletti (1980, p.1), “um sistema pode ser definido como o conjunto de elementos e de suas relações entre si e entre seus atributos”. Na abordagem da composição sistêmica, os principais aspectos que devem ser levados em consideração são a matéria, que diz respeito ao material que será mobilizado através do sistema; a energia, que consiste nas forças que fazem o sistema funcionar; e a estrutura, que corresponde ao arranjo organizacional dos elementos que compõe o sistema (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De acordo com Christofoletti (1999, p.5), “os sistemas envolvidos na análise ambiental funcionam dentro de um ambiente, fazendo parte de um conjunto maior”. Neste sentido, segundo suas especificidades, os sistemas ambientais podem ser classificados quanto sua funcionalidade e quanto sua composição. Quanto ao critério funcional, os sistemas podem ser classificados como isolados, quando não há perda nem ganho de energia ou matéria do ambiente; e não isolados, quando são mantidas as relações com outros sistemas presentes no ambiente. Os sistemas não isolados ainda podem ser subdivididos em sistemas não isolados fechados, quando ocorre somente o intercambio de energia, sem alteração da matéria; e em sistemas não isolados abertos, onde ocorre o intercambio de energia e matéria com o ambiente circundante (CHRISTOFOLETTI 1999).

Quanto ao critério de sua composição, CHORLEY e KENNEDY (apud CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 6), consideram que os sistemas de maior valor para análise ambiental são os sistemas morfológicos; sistemas em sequencia ou encadeantes; sistemas de processo resposta e sistemas controlados. Os sistemas morfológicos podem ser isolados, fechados ou abertos e correspondem às variáveis geométricas da superfície terrestre dignas de serem analisadas. São exemplos de

sistemas morfométricos as redes de drenagem, vertentes e canais fluviais. Os sistemas em sequencia consistem em sequencias de subsistemas com intercambio de matéria e energia, sendo que a saída de um sistema "*output"* é a entrada "*input"* do sistema subsequente. Como exemplo de sistema em sequencia, pode-se citar o processo de evapotranspiração dos vegetais, onde a água absorvida pelas raízes do sistema vegetal *(input)* é posteriormente expelida através das folhas para o sistema atmosfera *(output)*. Os sistemas de processo resposta podem ser caracterizados através da interação entre os sistemas morfológicos e os sistemas em sequencia, sendo caracterizados pelo equilíbrio das variáveis que compõe o sistema, admitindo-se que qualquer alteração no sistema sequencia resulta alterações nos sistemas morfométricos e vice e versa até que um novo equilíbrio possa ser atingido. Os sistemas controlados são aqueles relacionados à capacidade do homem intervir nos sistemas ambientais. Como exemplo, admite-se que a retirada da vegetação de uma área resulta na aceleração dos processos erosivos que por sua vez, promovem alterações nas formas do relevo local, assoreamento dos canais de drenagem, aumento do aporte de sedimentos e alterações na qualidade das águas superficiais. Tal fato estabelece um encadeamento de processos que modificam o comportamento dos sistemas naturais.

No contexto de estudos ambientais, a abordagem sistêmica apresenta-se como um método de estudo que contribui no sentido de se compreender a estruturação e funcionamento dos fenômenos naturais através da analise da interação entre matéria, energia e estruturas responsáveis pela regulação dos processos físicos e químicos que ocorrem na natureza, além de se mostrar eficiente no sentido de medir o grau de alteração que as atividades antrópicas podem proporcionar ao meio ambiente. Desta forma, buscando compreender os sistemas e processos bem como as respostas advindas das interferências antrópicas sobre o meio, esta proposta de trabalho adota a bacia hidrográfica como um sistema e uma unidade natural de planejamento e gestão, visto que todos os elementos da paisagem (atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera) interagem de maneira que os reflexos das atividades antrópicas podem ser representados nesta unidade natural (MONDAN e CERNY, 1994).

Segundo Christofoletti (1981), uma bacia hidrográfica é definida como uma área drenada por um rio ou por um sistema fluvial que funciona como um sistema aberto, em que cada um dos elementos, matérias e energias presentes no sistema

apresentam uma função própria e estão estruturados intrinsecamente entre si. Sendo assim, Pereira (2010) afirma que a bacia hidrográfica representa uma unidade básica para o desenvolvimento de estudos que tenham por objetivo compreender a dinâmica de seus componentes.

De acordo com Andreozzi (2005), uma bacia hidrográfica pode ser considerada a menor unidade de paisagem capaz de integrar atmosfera, vegetação, agricultura, solos, substrato rochoso, águas superficiais e de sub-superficie sendo, portanto, um sistema que melhor reflete os impactos das atividades antrópicas. Devido à interação desses diversos fatores, a bacia hidrográfica adquire fundamental importância no contexto de planejamento e gestão, visto que o agravamento das condições ambientais, decorrentes das atividades antrópicas, conduzem a uma série de problemas ambientais (PEREIRA, 2010).

Segundo Souza (2003), o planejamento consiste na preparação para as futuras gestões, buscando-se evitar ou minimizar os problemas, ampliando desta forma, as margens de manobra para equalização dos problemas. Neste sentido, Souza (2003) afirma que o planejamento visa, de maneira conjunta, a adequação de ações a potencialidade, vocação local à sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e sócio-econômico. Segundo Souza (2003), a gestão consiste na efetivação das condições que o planejamento feito no passado ajudou a construir sendo, desta maneira, planejamento e gestão atividades que se complementam e devem ser empregados na gestão do meio ambiente buscando uma exploração de maneira sustentável.

3.3 Intemperismo e Erosão: Fatores Controladores e Taxas de Erosão Química

Conceitualmente, o intemperismo consiste no conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que promovem destruição e alteração das rochas na superfície da Terra, gerando como produtos as argilas, solos e substâncias dissolvidas transportadas pelos rios. O fenômeno da erosão consiste no anexo de processos que desagregam e transportam matéria alterada dos solos e das rochas vertente abaixo, promovendo a denudação da superfície e deixando as rochas frescas susceptíveis à ação do intemperismo. Desta forma, intemperismo e erosão são processos que se complementam, compondo processos geológicos relevantes no

ciclo das rochas e nos sistemas da Terra, constituindo, desta forma, os agentes exógenos responsáveis pela modelagem da superfície terrestre, alteração dos materiais rochosos e formação dos solos (PRESS *et al*, 2006).

Quanto à natureza do intemperismo, este pode ser classificado em intemperismo físico ou mecânico e intemperismo químico. O intemperismo físico consiste na fragmentação da rocha por processos mecânicos sem alteração de sua estrutura química, sendo regulado principalmente por agentes climáticos como a ação dos ventos, e variação de temperatura que causa a dilatação e contração da rocha promovendo seu fraturamento. Press *et al* (2006) citam como determinantes da fragmentação mecânica das rochas fatores tais como as zonas naturais de fraqueza da rocha, determinadas pelos planos de clivagem da rocha; atividades de organismos biológicos, como o crescimento de raízes de árvores; acunhamento pelo gelo, processo característico de climas temperados que ocorre quando a água nas fissuras das rochas se congela; ação dos rios cavando seu leito e ações de abrasão e remoção promovidas pela expansão das geleiras.

O intemperismo químico ocorre quando os minerais componentes da rocha são dissolvidos ou quimicamente alterados em sua composição e estrutura química. O processo de alteração química das rochas ocorre quando seus constituintes minerais entram em contato com o ar e com a água, ocorrendo reações nas quais os minerais podem dissolver-se ou combinar-se com outros constituintes formando novos minerais.

De acordo com Moniz (1972), os processos de intemperismo químico que atuam sobre a rocha promovem sua decomposição com formação de resíduos que permanecem, e de componentes solúveis que são lixiviados pelas águas de superfície. Os agentes de decomposição química das rochas, a água e o ar, podem se tornar mais ativos através da adição natural de certos íons e moléculas como CO_2, O_2, OH^-, SO_4^{2-}, NO_3, HCO_3^-, CO_3^{2-} e podem ser agrupadas em alguns processos dentre eles a hidrólise, oxidação, carbonatação, hidratação, quelação, queluviação e soluviação. A respeito destes fenômenos, Moniz (1972) caracteriza a hidrolise como um fenômeno no qual os silicatos se decompõem através de uma reação entre íons H^+ e OH^- da água. Os íons OH^- se associam aos cátions metálicos e se concentram nos oceanos, e os íons H^+ se combinam com os silicatos de alumínio hidratado dando origem aos argilo-minerais. Ainda e acordo com Moniz (1972), oxidação consiste na decomposição química que envolve perda de elétrons quando qualquer

dos elementos da rocha se combina com o oxigênio. A carbonatação ocorre quando o cálcio, magnésio e ferro dos minerais se combinam com o íon carbonato CO_3^{2-} ou bicarbonato HCO_3^- sofrendo alteração. A hidratação consiste na combinação de água com outros compostos, e ocorre junto com os processos de hidrólise, carbonatação e oxidação. A quelação ocorre através da retenção de íon usualmente metálico dentro da estrutura de um composto químico com propriedade quelante que impede com que o íon se ligue ou se combine com outras substancias em solução. A queluviação consiste na decomposição de minerais seguidos pela remoção de seus produtos por um quelante, sendo os íons removidos de acordo com sua afinidade ao quelante. Neste processo o ferro e o alumínio são removidos mais rápido que o silício. Na soluviação os minerais são solubilizados e a eluviação dos produtos de decomposição depende da presença de água circulante.

Os processos de intemperismo sofrem forte influencia do ambiente em que ocorrem, sendo o clima o principal fator regulador. Ambientes desérticos, tanto quentes quanto frios, são mais susceptíveis os processos de intemperismo físico, enquanto ambientes quentes e húmidos sofrem maior influencia de intemperismo químico. STRAKHOV (apud THOMAS, 1994, p. 20) considera que o intemperismo em climas quentes e úmidos se processa a uma taxa de dez a vinte vezes mais rápido do que em ambientes frios. Ritter *et al* (2011), define as taxas de intemperismo como sendo o grau com que o material geológico se decompõem em um determinado período de tempo, podendo ser estimadas para minerais individuais, tipos específicos de rochas e paisagens inteiras, servindo para caracterização da evolução geomorfológica de uma área, bem como para caracterização das condições paleoambientais de uma região no passado.

Mortatti *et al* (2003), caracterizaram os processos erosivos químicos e mecânicos predominantes na bacia do Rio Piracicaba em termos do transporte fluvial dos materiais dissolvidos e particulados em ambiente quente e úmido. A taxa de erosão química total após a correção dos aportes atmosféricos foi estimada em 16.6 t/km².a, expressa em função dos sólidos totais dissolvidos e transportados fluvialmente. Utilizando o mesmo método de pesquisa, Millot *et al* (2001), estudaram as taxas de erosão química em bacias hidrográficas no nordeste do Canadá, em ambientes de clima temperado, estimando tais taxas a uma ordem de 1.55 t/km².a evidenciando desta forma, a influencia do fator climático na regulação da intensidade com que o fenômeno do intemperismo atua.

De acordo com Conceição (2010), o interesse na avaliação das taxas de erosão química cresceu muito nos últimos anos, principalmente em bacias localizadas no hemisfério norte e África, através do uso do modelo PROFILE (SVERDRUP & WARFVIGE, 1993; LANGAN, *et al*., 1996; HODSON *et al*., 1996; KOPTSIK *et al*., 1999) e modelos que utilizam a concentração de sódio, cálcio, potássio, magnésio e sólidos totais dissolvidos, onde as entradas devido as águas pluviais requer correção para se obter a fração vinda das rochas (GIBBS, 1967; JOHNSON *et al*., 1968; TARDY, 1961; PACES, 1986; NKOUNKOU & PROSBST, 1987; CLOW & DREVER, 1996; BOEGLIN & PROSBST, 1998; LAND *et al*., 1999; GRASB & HUTCHEON, 2000; SEMHI *et al*., 2000; BAIND *et al*., 2001; PACHECO & WEIJDEN, 2002; WEIJDEN & PACHECO, 2006; VELBEL & PRICI, 2007; XU & LIU, 2010). Poucos estudos estão relacionados a este assunto no Brasil (MOREIRA-NORDEMANN, 1980 e 1984; STALARD & EDMOND, 1983; MORTATTI, 1995; MORTATTI & PROBST, 2003; MORTATTI *et al*., 2003; BORTOLETO JUNIOR, 2004; CONCEIÇÃO & BONOTTO, 2003 e 2004; BONOTTO *et al*., 2007; MORTATTI *et al*., 2008; SANTOS, 2009; SARDINHA *et al*., 2010).

Tendo em vista o fato de o solo constituir um importante recurso natural, fruto dos processos de intemperismo, Conceição (2007) considera que o estudo do manto superficial e sua alteração indicam a viabilidade da ocupação humana e suas atividades, podendo ainda intervir em problemas diretamente relacionados com a construção de barragens, rodovias, fundações, etc. Segundo Conceição (2004), o primeiro estágio na formação dos solos consiste no ataque à rocha matriz. A alteração geoquímica atua em profundidade, atacando as rochas, facilitando dos agentes biológicos de desagregação e formando um amplo complexo de alteração. A erosão age principalmente na superfície, nivelando o relevo continental e transportando a matéria solúvel e em suspensão nos rios para os oceanos. Na base do perfil, os minerais mais resistentes da rocha são alterados pelo ataque químico, transformação que é efetuada geralmente sem mudança de volume e conservação da estrutura da rocha. Dentro da parte superficial, a estrutura se destrói principalmente pelo ataque de agentes biológicos, uma parte é removida e o produto residual consiste no solo propriamente dito.

No sentido de se promover a gestão e o planejamento do meio ambiente, a determinação das taxas de erosão química das rochas (intemperismo) constitui um elemento de fundamental importância, visto que a velocidade de alteração da rocha

é de grande interesse na caracterização geomorfológica, além de constituir em um dos fenômenos fundamentais da geoquímica de superfície. Desta forma, a determinação das taxas de erosão química constitui um fenômeno que se aplica diretamente a estudos relacionados a várias disciplinas, dentre elas a geologia, a geografia, a geomorfologia, a pedologia e agronomia, subsidiando parâmetros necessários a uma melhor orientação na distribuição das culturas e uma exploração melhor dirigida dos solos (CONCEIÇÃO, 2004).

Para se estudar a taxa de erosão química em uma bacia hidrográfica, costuma-se utilizar regiões tropicais face ao favorecimento da alteração química causada pelo clima quente e úmido que acelera as reações químicas facilitando as hidrólises. Assim, visando a proposição de um planejamento ambiental, enfatizando o desenvolvimento racional face da utilização sustentada dos recursos naturais, este trabalho propõe a avaliar as taxas de erosão química de uma bacia hidrográfica, adotando-se como área de trabalho um espaço físico que compreende aproximadamente 28km², permitindo um estudo detalhado (escala 1:10000) na porção arenosa da bacia do Rio Corumbataí, a qual possui uma área de aproximadamente 1710 km², além de apresentar inúmeros problemas relacionados ao uso e ocupação de terra.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização Fisiográfica da Bacia do Ribeirão Monjolo Grande

Com a finalidade de subsidiar os elementos fisiográficos necessários e espacializar as informações resultantes, foram confeccionadas cartas descritivas e interpretativas em meio digital. Este material foi obtido através de fotografias aéreas, imagens de satélite, e documentos cartográficos existentes, além de controle de campo. As cartas temáticas foram produzidas através de digitalização utilizando o software ARCGIS 9.3.1. O levantamento de campo para tomada das coordenadas geográficas foi realizado utilizando equipamento GPS (Global Positioning System). Desta forma, foram produzidas as cartas temáticas de localização, classes de declividade, hipsométrico, geológico e pedológico da área.

4.2 Avaliação das taxas de erosão química

Garrels e Mackenzie (1967) modelaram a abundancia e a proporção relativa de íons dissolvidos em águas superficiais utilizando um balanço de massa. Contudo, a entrada de elementos e/ou componentes leva a uma importante correção para se obter a fração vinda da dissolução das rochas. Assim, White e Blum (1995), sumarizaram a dinâmica química de um rio usando a técnica de balanço de massa:

$$F_w = F_{rio} - F_{ea} - F_{antrópico} \quad (1)$$

Onde:

F_w = fluxo total de sólidos dissolvidos nas águas do rio (kg/ano);

F_{rio} = fluxo quantificado dos sólidos totais dissolvidos nas águas do rio (kg/ano);

F_{ea} = entradas atmosféricas (kg/ano);

$F_{antropico}$ = sólidos totais dissolvidos devido às entradas antropogênicas (kg/ano).

Em um sistema onde não se espera interferência antrópica, como é o caso do Ribeirão Monjolo Grande, o fluxo anual de água de um rio que escoa em uma bacia hidrográfica é originário do reservatório subterrâneo ou aqüífero, sendo que sua recarga se da através da água da chuva que infiltra na rocha. A precipitação durante sua passagem pelas rochas promove a solubilização dos elementos, fazendo, com isso, que as águas subterrâneas tenham, normalmente, uma maior concentração de elementos que as águas pluviais. Consequentemente, as águas superficiais também serão mais enriquecidas, em elementos solubilizados que as águas pluviais devido à interação água/rocha/solo. Assim, a qualidade da água superficial nesta bacia hidrográfica depende unicamente da composição química das águas pluviais e das características mineralógicas e químicas das rochas da região, podendo a equação 1 ser simplificada para:

$$F_{rio} = F_{ea} + F_{w} \quad (2)$$

A quantidade total de material removido, se utilizado como traçador natural os sólidos dissolvidos, W (ton/km²/ano), por unidade de área e tempo pode ser definido por meio da equação Moreira-Nordemann (1980):

$$W = \frac{Fw}{S} \quad (3)$$

Onde:

F_W = fluxo anual do elemento nas águas dos rios (kg/ano);

S = área da bacia (km^2).

Finalmente, as taxas de erosão química (v em cm/ano) das rochas da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande (SP), pode ser obtida pelo seguinte modelo proposto por Lerman *et al*., 2007:

$$v = \frac{10^{-4} W}{\rho} \quad (4)$$

Onde:

ρ = densidade da rocha (g/cm^3).

4.3 Amostragem e técnicas analíticas

Para o desenvolvimento do trabalho, foram realizadas trabalhos de campo para coletas de amostras de águas pluviais e fluviais. O ponto de coleta de água fluvial foi exutório da bacia, local onde também são coletadas as águas pluviais. De acordo com o proposto neste projeto, as coletas de águas fluviais tiveram freqüência mensal abrangendo um ciclo hidrológico completo, ou seja, um ano caracterizando a época chuvosa e seca. Para coleta das águas pluviais, o mesmo período de um ciclo hidrológico completo foi adotado. As águas das chuvas foram coletadas e armazenadas por equipamento montado no exutório da bacia (Figura 1) para posterior caracterização física e química, sendo quantificados os valores de pH, condutividade elétrica (µS/cm), pot. de redox (mV) e sólidos totais dissolvidos (mg/L).

Fig. 1: Equipamento para coleta e armazenamento de águas pluviais.

As águas fluviais foram caracterizadas físico-quimicamente através de equipamento com eletrodos de leitura direta no próprio local de coleta (figura 2), sendo analisadas as variáveis: temperatura (°C); pH; condutividade elétrica (µS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L), potencial de redox (mV), e sólidos totais dissolvidos

(mg/L) pela sonda multi-paramétrica YSI 556, previamente calibrada no Laboratório de Geoquímica Ambiental (LAGEA), pertencente ao Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da UNESP de Rio Claro.

Fig. 2: Sonda multi-paramétrica YSI 556.

Há no exutório da bacia do Ribeirão Monjolo Grande um pluviografo SONLIST acoplado a um logger que permite o monitoramento continuo para quantificação (em mm) dos eventos de chuva que ocorram na bacia. A vazão no ponto de amostragem foi medida por meio de uma trena e um medidor de fluxo, utilizado para quantificação da velocidade do fluxo d'água em três pontos da calha de drenagem. A área da seção foi quantificada por meio de medições das feições geométricas do canal de drenagem. Medindo-se a largura do canal e as profundidades na margem direita, no centro e na margem esquerda do canal de drenagem, obtemos a figura de um trapézio através da qual pode-se aferir a área da seção do canal de drenagem. Posteriormente, as variáveis quantificadas são colocadas na equação 5:

$$Q = A.V \quad (5)$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);

A = área da seção;

V = velocidade média do fluxo do rio (m/s).

4.4 Base Cartográfica

Com o objetivo de espacializar as informações e os elementos fisiográficos da bacia foram elaborados, em meio digital, mapas temáticos da área de estudo. O processo se deu por meio de digitalização em scaner A0 das cartas topográficas em escala 1:10000 (IGC, 1979), que recobrem a área da bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Desta forma, foram digitalizadas as cartas: Jardim Uba SF-23-Y-A-I-3-NE-D; Bairro Itapé SF-23-Y-A-I-3-SE-B; Morro Biziguelli SF-23-Y-A-I-3-NE-F; Ribeirão Monjolo Grande SF-23-Y-A-I-4-NO-E; Ribeirão da Lapa SF-23-Y-A-I-3-SE-S; Rio Passa Cinco SF-23-Y-A-I-4-SO-A. Posteriormente, as cartas foram georreferenciadas e vetorizadas através do Software ArcGis 9.3.1 para posterior confecção dos mapas de localização, hipsométrico, classes de declividade, geológico e pedológico e hidrográfico da área de estudo.

5. ÁREA DE ESTUDO

5.1 Localização

A área de estudo situa-se na zona rural do município de Ipeúna, região centro-oeste do Estado de São Paulo. A bacia do Ribeirão Monjolo Grande compreende uma área de aproximadamente 2800 ha (28km²), sendo tributário do Rio Passa Cinco, o qual pertence à bacia hidrográfica do Rio Corumbataí. A área de estudo situa-se sob as coordenadas geográficas 22°18' e 22°23' latitude sul; 47°48' e 47°42' longitude oeste de Greenwich, fuso 23 (figura 3).

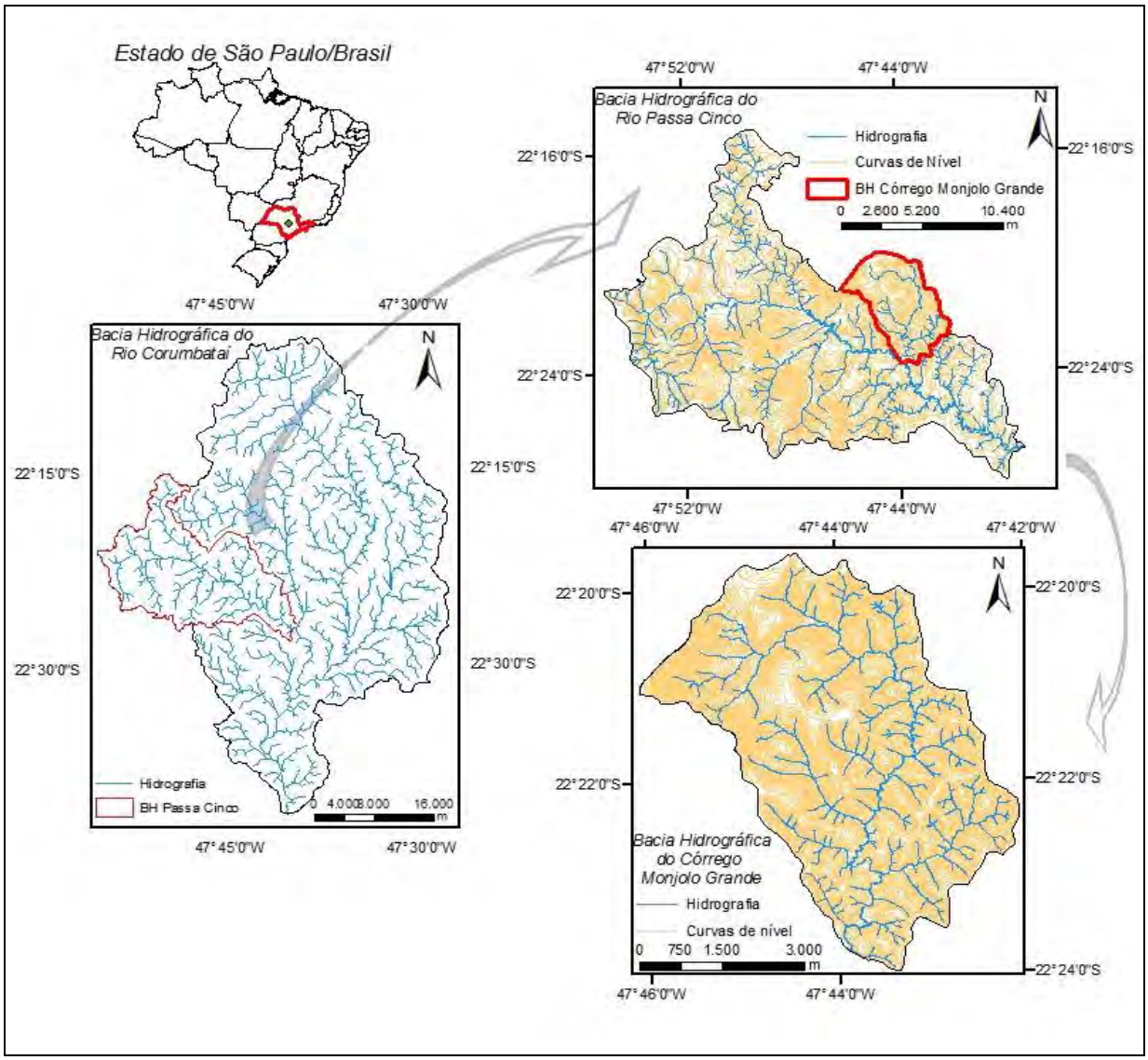


Fig. 3: Localização da área de estudo.

5.2 Contexto Geomorfológico

A bacia Hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, insere-se no contexto geomorfológico da porção centro-oeste da Depressão Periférica Paulista apresentando forte influencia tectônica indicadas principalmente por falhas litoestruturais que determinam o padrão de drenagem e a morfoescultura local, fato este que favorece os processos erosivos devido à orientação e constituição das camadas rochosas (PEREIRA, 2010). De acordo com o IPT (1981), a geomorfologia da porção central da Depressão Periférica Paulista apresenta dois tipos de feições de relevo dominante: morrotes alongados e espigões com interflúvios sem orientação preferencial, apresentando topos angulosos e achatados. As vertentes apresentam ravinas com feição retilínea e perfis côncavo e convexo. A drenagem consiste em média e alta densidade, com dominância de padrão dendrítico. Os vales apresentam padrão fechados, com colinas médias e amplas e topos aplainados. As vertentes com perfis convexos e retilíneos conetam-se com drenagem de baixa e media densidade, padrão sub angular, vales abertos e fechados, planícies aluviais interiores restritas a presença eventual de lagoas perenes e intermitentes.

De acordo Fulvaro e Suguio (1968), os processos endogenéticos responsáveis pela formação da depressão periférica paulista se deram através de pulsações tectônicas com diferentes ciclos de sedimentação e erosão. Segundo Soares (1973), a morfoescultura da região se deu através de eventos de soerguimentos e abatimentos que modelam toda a região em sua porção oeste, fato que gerou processos de retomada de erosiva pelos principais canais fluviais resultando em um perfil dissecado de relevo. Fulvaro e Barcelos (1989) consideram que movimentações verticais, dadas em consequência de processos modeladores, geraram coluviamentos que resultam em depósitos de talus, fluxos de detritos e afloramento de rocha sã nas regiões escarpadas.

Segundo Penteado (1968), relevo e a drenagem na região são influenciados por descontinuidades estruturais, em sua maioria nas direções ENE-WSW / NNW-SSE. Essa configuração faz com que a área possa dividida em dois sistemas ortogonais de fraturamento formando mosaicos que são modelados pela erosão difrencial.

4.3 Geologia

De acordo com Spatti (2011), a bacia do Ribeirão Monjolo Grande apresenta rochas do grupo São Bento e Passa Dois de idades Paleozóicas e Mesozóicas. No contexto da área de drenagem da bacia do Ribeirão Monjolo Grande, observa-se da base para o topo da bacia do Paraná as seguintes unidades litoestratigráficas: Formação Corumbataí, Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral e Formação Itaqueri.

4.3.1 Formação Corumbataí

As rochas da Formação Corumbataí ocorrem ao longo de toda a calha do Ribeirão Monjolo Grande, sendo que sua maior extensão encontra-se na porção sul da bacia, próximo ao exutório junto ao Rio Passa Cinco (PEREIRA, 2010). Segundo Landim (1967), esta formação é composta por argilitos, siltitos argilosos e arenosos em sua porção média e superior, apresentando-se estratificados e compactos com coloração que varia de vermelho amarelado a arroxeado. A Formação Corumbataí apresenta disposição em acamadamento plano paralelo, estratificação rítmica distinguida por intercalações de arenitos calcificados. Em sua porção inferior observa-se siltitos maciços de coloração cinza esverdeada a azulada, com a presença de fosseis.

4.3.2 Formação Pirambóia

É a unidade litoestratigrafica predominante na área de estudo, apresentando maior expressividade na porção norte da bacia. Segundo Souza (2003) a Formação Pirambóia é caracterizada pela presença de arenitos de granulação fina a média de coloração esbranquiçada, podendo ocorrer variações de vermelho e amarelo com finas intercalações de siltito e argilito. No topo da Formação Pirambóia há a presença de níveis conglomeráticos com espessuras variando de milímetros a centímetros que apresentam granulometria fina a média, formado por quartzo, quartzito e minerais escuros.

Costa (2005) afirma que devido a suas características litológicas e estruturais, a Formação Pirambóia foi formada a partir de um paleo-ambiente

continental úmido, oxidante, predominantemente fluvial em canais meandrantes e planícies de inundação que apresentavam pequenas lagoas.

4.3.3 Formação Botucatu

Segundo IPT (1981), a Formação Botucatu constitui-se por arenitos friáveis ou silicificados de coloração avermelhada, apresentando média a fina sendo que as estruturas sedimentares mais comuns são as estratificações cruzadas de grande porte, indicando pretéritas deposições eólicas em ambiente desértico. O contato superior com a Formação Serra Geral se da por meio de interdigitações que recobrem os arenitos da mesma natureza da Formação Botucatu.

Spatti (2010) afirma que a Formação Botucatu representa uma sequência de eventos de um ciclo desértico durante o Mesozóico, caracterizado por sedimentação eólica de areias de granulometria fina e muito fina.

4.3.4 Formação Serra Geral

As rochas intrusivas básicas da Formação Serra Geral são representadas por basaltos e diabásios que se desenvolveram na forma de diques e sills, além de derrames pouco espessos e subsequentes (PEREIRA, 2010). Na área de estudo, a Formação Serra Geral esta evidenciada nos morros residuais condicionando suas feições geomorfológicas em relevo tabular (morro do Bizegueli) e piramidal (morro da Guarita), apresentando disjunções colunares e esfoliação esferoidal no contato com os arenitos da Formação Botucatu ou Pirambóia. Estas rochas apresentam-se com estruturas maciças com coloração que varia de cinza escuro a preta, porem quando alteradas, apresentam cores amareladas.

4.3.5 Formação Itaqueri

Segundo Facincani (1995), as rochas da Formação Itaqueri apresentam conglomerados polimíticos e diamictitos, sustentados por matrizes arenosas ou argilo arenosa, com grande presença de quartzo. Apresentam cores avermelhadas com manchas brancas irregulares. A distribuição desta unidade litoestratigráfica ocorre de forma isolada no noroeste do Estado de São Paulo, predominantemente nas serra de São Pedro e Itaqueri. Segundo Pereira (2010), na bacia do Ribeirão Monjolo

Grande, esta unidade litoestratigráfica apresenta-se pontualmente no topo do morro do Bizigueli, delineado pelas rochas básicas e arenitos da Formação Serra Geral e Botucatu. A seguir, figura 4 ilustra a espacialização das unidades litoestrarigráficas na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande.

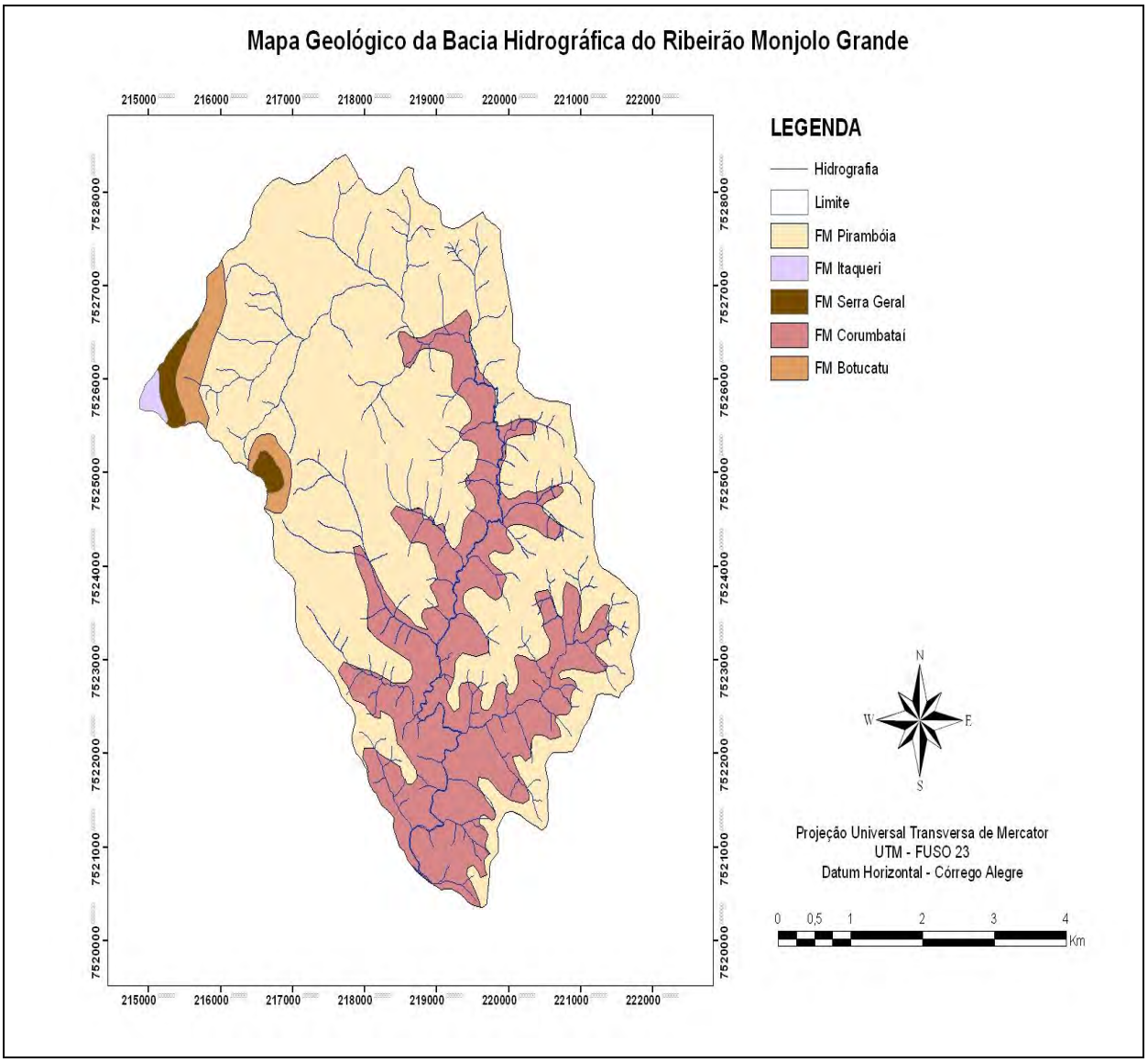


Fig. 4: Mapa Geológico - Bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande.

4.4 Pedologia

De acordo com Prado e Oliveira (1981), a área de estudo apresenta cinco unidades pedológicas: Argilossolos (PV), Latossolos (LV), Litólicos (LR), Neossolos Quartzênico (RQ) e Nitossolos (NX). Segundo Pereira (2010), os processos pedogenéticos que deram origem à Argissolos Vermelho-Amarelo (PV), estão associados a presença de siltitos e folhelhos da Formação Corumbataí. O autor

supra-citado observa que estas unidades apresentam caráter abruptico entre o horizonte superficial e diagnóstico (Bt), evidenciando alto grau de susceptibilidade à erosão. Ainda sobre a Formação Corumbataí, a carta pedológica demonstra a ocorrência de associações entre PV e solos Litólicos (RL).

Segundo Fancicane (1995), em contato discordante ao longo de toda a Formação Corumbataí, encontra-se a Formação Pirambóia de característica arenítica mas com alto teor de argila. Neste sentido Pereira (2010), observa nessas áreas a presença de Argissolos da unidade Serrinha, de baixo gradiente textural e Argissolos em associação com Li de substrato arenítico. Nas porções norte e leste da bacia, Pereira (2010) observa a presença de Neossolos Quartzarênicos profundo (RQ), associação de Li com substrato de sedimentos finos do Permiano e arenito da Formação Botucatu e da Formação Pirambóia.

Segundo Pereira (2010), a Formação Serra Geral presente nos morros residuais, intercaladas com faces areníticas originam os solos Li, além de Nitossolo háplico (NX) com grande teor de argila. Os materiais conglomeráticos mal selecionados da Formação Itaqueri desenvolveram no topo do morro Bezigueli Latossolo Vermelho (LV). As características geológicas e pedologias estão sobre ambiente quente e úmido, o que favorece a intensa decomposição das rochas. A figura 5 representa a espacialização das unidades pedologias na área de estudo.

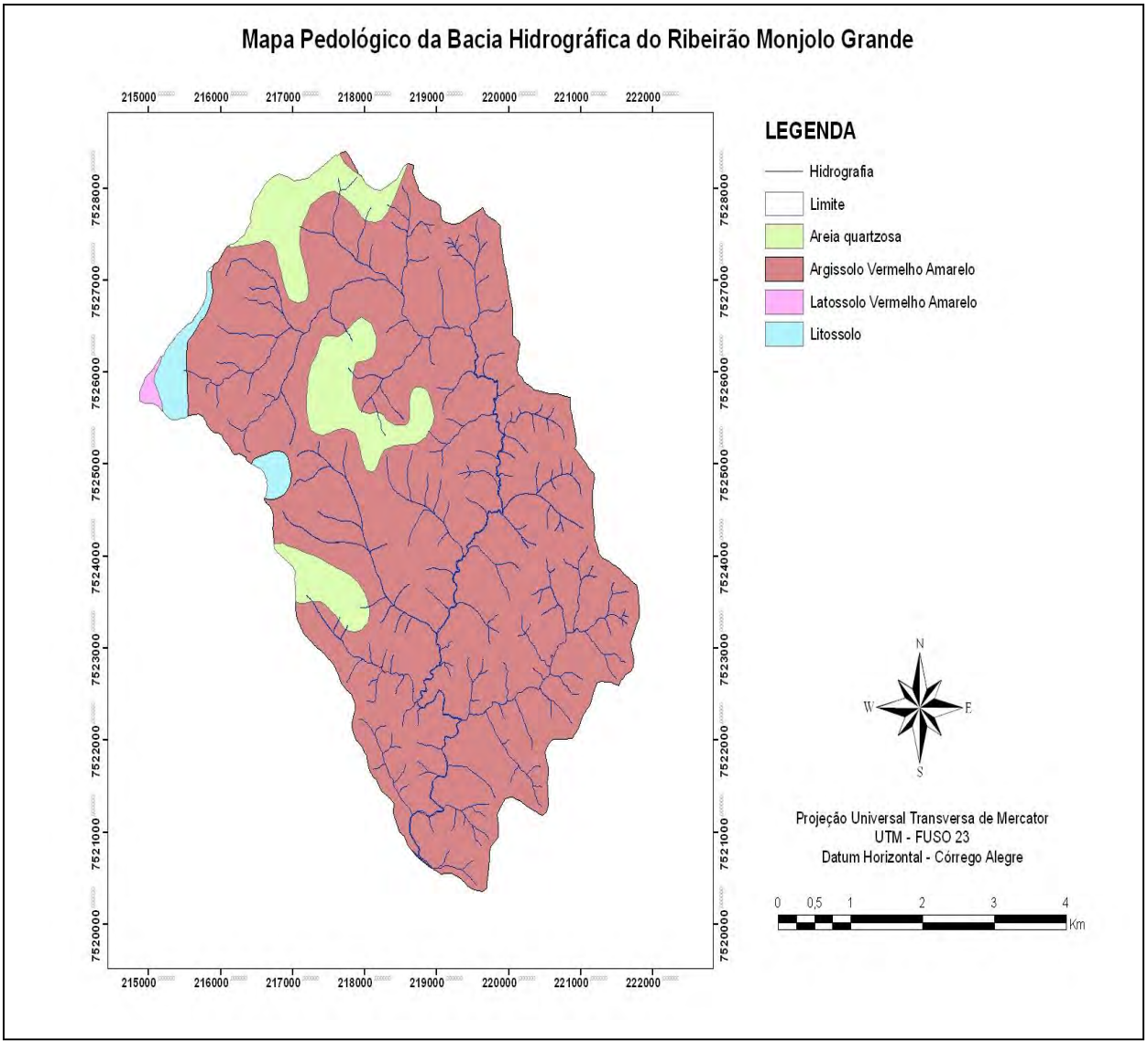


Fig. 5: Mapa Pedológico - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande.

4.5 Redes de Drenagem

De acordo com a classificação genética de rios estabelecida por Horton (1945), classifica-se o ribeirão Monjolo Grande como um rio subseqüente pois o fluxo de direção N – S tem direção perpendicular a inclinação das camadas rochosas, acompanhando na maioria das vezes as zonas de fraqueza. Baseando-se na classificação de Horton (1945) que considera os aspectos geométricos do rio, Penteado (1968) classifica o padrão de drenagem da bacia do Rio Passa Cinco como dendrítico, alegando ser este o padrão de drenagem para todos os afluentes originados nos efluentes do grupo passa dois (que na área de estudo é representado pela formação Corumbataí).

Straller (1952) propõe uma classificação hierárquica para os canais de drenagem, de acordo com a qual os canais sem tributários são considerados de primeira ordem, com extensão desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem a partir da confluência dos canais de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de canais de segunda e primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem a partir da confluência de canais de terceira ordem e ordens inferiores e assim sucessivamente. De acordo com a metodologia proposta, a bacia do Monjolo Grande apresenta canais que variam de primeira até quinta ordem, de acordo com a figura 6.

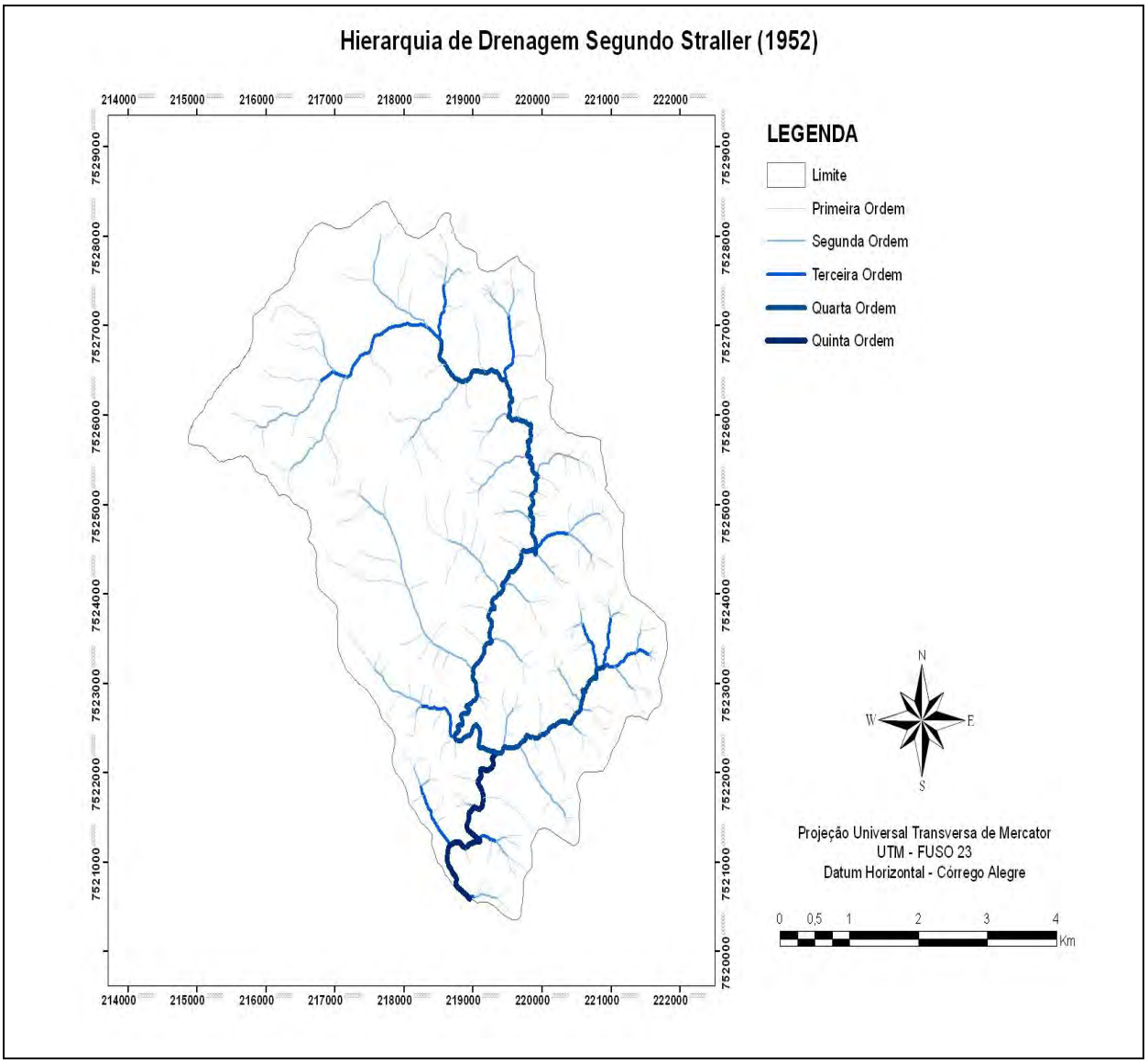


Fig. 6: Hierarquia de Drenagem - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande.

Pereira (2010) observa que os afluentes obsequentes do Ribeirão Monjolo Grande apresentam características diferenciadas entre sua margem esquerda e direita. Os afluentes da margem direita, voltado às cuestas, apresentam canais mais alongados e extensos interflúvios, aonde se desenvolvem os Neossolos Quartzênicos (RQ). A drenagem apresenta, de modo geral, padrão paralelo, com confluência do tipo sub angular entre os canais de primeira e segunda ordem. Os afluentes da margem esquerda, de maneira geral apresentam-se curtos com padrão de drenagem variando entre sub dendrítico e paralelo, indicando relevos mais acidentados que originam os Argissolos da Formação Pirambóia e Formação Corumbataí.

Os afluentes na porção norte da bacia, apresentam um padrão de treliça, típico de zonas controladas por falhas. Neste contexto, e a partir de observações de campo, observa-se que a área da bacia em estudo apresenta drenagens de desenvolvimento livre com padrões dendríticos, mas também áreas de influencia estrutural, caracterizado pelos padrões de treliça e sub paralelo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Parâmetros Fisico-Químicos

Os resultados dos parâmetros físicos largura do canal de drenagem, profundidade média, velocidade média do fluxo, área da secção do canal e vazão; e físico químicos pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, potencial de redox e sólidos totais dissolvidos (STD) relacionados as águas fluviais, observados nos trabalhos de campo entre Março de 2011 e Janeiro de 2012 estão expressos nas tabelas 1 e 2:

Tabela 1 – Parâmetros físicos da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande

Mês	Largura (m)	Prof. Méd.(cm)	Veloc.Méd (m/s)	Área (m^2)	Vazão (m^3/s)
Março	6,15	15,00	0,6	0,74	0,44
Abril	5,83	15,00	0,5	0,84	0,42
Maio	5,54	12,66	0,46	0,63	0,28
Junho	5,42	7,33	0,46	0,34	0,15
Julho	5,34	7,66	0,53	0,37	0,2
Agosto	5,50	7,30	0,4	0,35	0,14
Setembro	6,10	11,33	0,36	0,68	0,24
Outubro	5,90	9,66	0,7	0,53	0,37
Novembro	6,25	13,66	0,93	0,78	0,72
Dezembro	8,20	18,33	0,65	1,37	0,89
Janeiro	8,5	20,00	0,7	1,75	1,22
Fevereiro	7,17	30,33	0,8	1,86	1,48

Fonte: Elaborado pelo Autor

Em relação à variável vazão, parâmetro necessário para quantificação das taxas de erosão química, esta foi obtida através do produto entre a área da secção transversal do canal e a velocidade média do fluxo de água. observa-se um aumento gradual a partir do mês de Setembro, atingindo valores máximos nos meses de Janeiro e Fevereiro. Uma diminuição gradativa é observada a partir de Março até atingir valores mínimos nos meses de Junho e Agosto. Este comportamento apresenta-se dentro das expectativas, refletindo uma maior oferta de água na bacia hidrográfica, característica dos meses chuvosos. A diminuição da vazão ocorre à medida que as chuvas diminuem com a chegada do período de estiagem.

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos das águas fluviais na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande entre os meses de Março de 2011 e Janeiro de 2012

Mês	pH	TºC	Condut. elétrica (µS/cm)	O_2 Dissolvido (mg/L)	Pot. Redox (mV)	STD (mg/L)
Março	5,98	24,2	31	7,94	291,7	0,026
Abril	4,54	22,51	38	8,3	269,0	0,023
Maio	5,86	21,23	42	7,48	280,8	0,025
Junho	6,38	13,9	33	6,84	283,1	0,028
Julho	6,65	20,83	41	4,8	259,4	0,029
Agosto	6,68	23,7	46	4,1	274,7	0,031
Setembro	6,9	22,14	68	6,7	263,1	0,047
Outubro	7,35	25,7	64	7,8	256,4	0,039
Novembro	6,27	23,5	50	5,83	307,8	0,033
Dezembro	6,61	26,07	55	5,57	290,4	0,035
Janeiro	6,72	21,07	42	7,57	309,6	0,031
Fevereiro	6,45	21,4	41	7,57	294,3	0,032

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com relação aos parâmetros físico químicos das águas pluviais foram encontrados os resultados expressos na tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros fisico-químicos das águas pluviais na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande entre os meses de Março de 2011 e Fevereiro de 2012

Data	Chuva (mm)	Condut. elétrica (µS/cm)	pH	Pot. Redox (mV)	STD (mg/L)
Março	203,5	6	4,12	291,3	0,005
Abril	169,1	9	5,94	347,2	0,008
Maio	10,9	7	4,7	294,7	0,005
Junho	41,5	5	4,48	322,3	0,004
Julho	1,6	71	8,55	345,2	0,042
Agosto	9,6	60	7,10	318,1	0,038
Setembro	18,0	35	8,27	285,8	0,019
Outubro	222,6	23	6,68	297,4	0,005
Novembro	188,3	7	6,56	335,7	0,005
Dezembro	139,9	4	5,88	366,9	0,003
Janeiro	262,4	3	5,40	312,4	0,002
Fevereiro	223,7	5	6,40	327,3	0,004

Fonte: Elaborado pelo Autor

O pH é regulado pelo equilíbrio de carbono e carbonatos, podendo alterar o processo de permeabilidade da membrana celular (SARDINHA *et al.,I* 2008). O Valor mais ácido ocorreu no mês de Abril para águas pluviais e no mês de Março para águas fluviais, apresentando-se valores de 4,54 e 4,12 respectivamente. A concentração do pH pode ser determinada em função da quantidade de água de chuva dentro da bacia que promove o aumento de quantidade de matéria orgânica na água devido ao escoamento superficial. O pH médio observado durante o período de estudo foi de 6,36 para as águas fluviais e 6,25 para as águas pluviais, sendo estes valores próximos da neutralidade enquadrando as águas na classe 1 (entre 6,0 e 9,0), segundo a resolução 357 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões para o lançamento de efluentes.

A temperatura da água é regulada pela transferência de calor do solo e da atmosfera por radiação, condução e convecção. Aumentos muito grandes de temperatura podem indicar despejo de efluentes, fato este não observado na bacia hidrográfica estudada. A diminuição da temperatura ocorre devido ao resfriamento atmosférico e da diminuição da incidência de radiação solar. Foi observada uma

variação sazonal de 12,8ºC entre as temperaturas observadas no decorrer do estudo, típica da variação de temperatura ao longo das estações do ano.

A condutividade é a expressão numérica da capacidade da água conduzir corrente elétrica, sendo regulada pelas condições iônicas e pela temperatura. A condutividade aumenta em função da concentração de sólidos totais dissolvidos na água. Os valores mais altos de condutividade elétrica para as águas fluviais correspondem aos meses de Setembro e Outubro, com valores de 68 µS/cm e 64 µS/cm respectivamente, indicando também um aumento na concentração de sólidos totais dissolvidos. Para as águas pluviais, os maiores valores de condutividade elétrica ocorreram nos meses de Julho e Agosto, com valores de 71 µS/cm e 60 µS/cm respectivamente, demonstrando um comportamento já esperado em decorrência de maior concentração de material particulado em suspensão na atmosfera nesse período do ano.

A atmosfera e os processos de fotossíntese são as principais fontes de oxigênio para as águas fluviais. Por outro lado, as perdas de oxigênio se devem ao consumo pela decomposição da matéria orgânica, trocas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (SARDINHA, 2008). Os maiores teores de oxigênio dissolvido nas águas fluviais correspondem ao mês de Março e Abril com 7,94 mg/L e 8,3 ml/L para águas pluviais no mês de Abril. A média observada do oxigênio dissolvido foi de 6,7 mg/L para águas fluviais, sendo classificadas como águas doces de classe 1 segundo o CONAMA.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) esta diretamente relacionada com a quantidade de chuva que incide sobre a bacia. Nos meses secos, a concentração dos sólidos totais dissolvidos aumenta nas águas pluviais, resultado da grande concentração de aerossóis na atmosfera. Com relação às águas fluviais, espera-se que concentração de STD aumenta no período chuvoso devido a um maior intemperismo das rochas, no entanto, este padrão não foi observado no período de estudo, sendo observado maiores valores de STD nos meses de Setembro e Outubro (transição da estação seca para chuvosa) com 0,047 g/L e 0,039 g/L respectivamente

6.2 Quantificação das Taxas de Erosão Química

A quantificação das taxas de erosão química é feita em função da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas fluviais, subtraindo-se para isso o balanço de massa que compreende os sólidos totais dissolvidos quantificados nas águas do rio, menos os STD quantificados por meio das entradas atmosféricas das águas de chuva na bacia hidrográfica. O balanço anual do fluxo de sólidos totais dissolvidos em toneladas esta expresso na tabela 4.

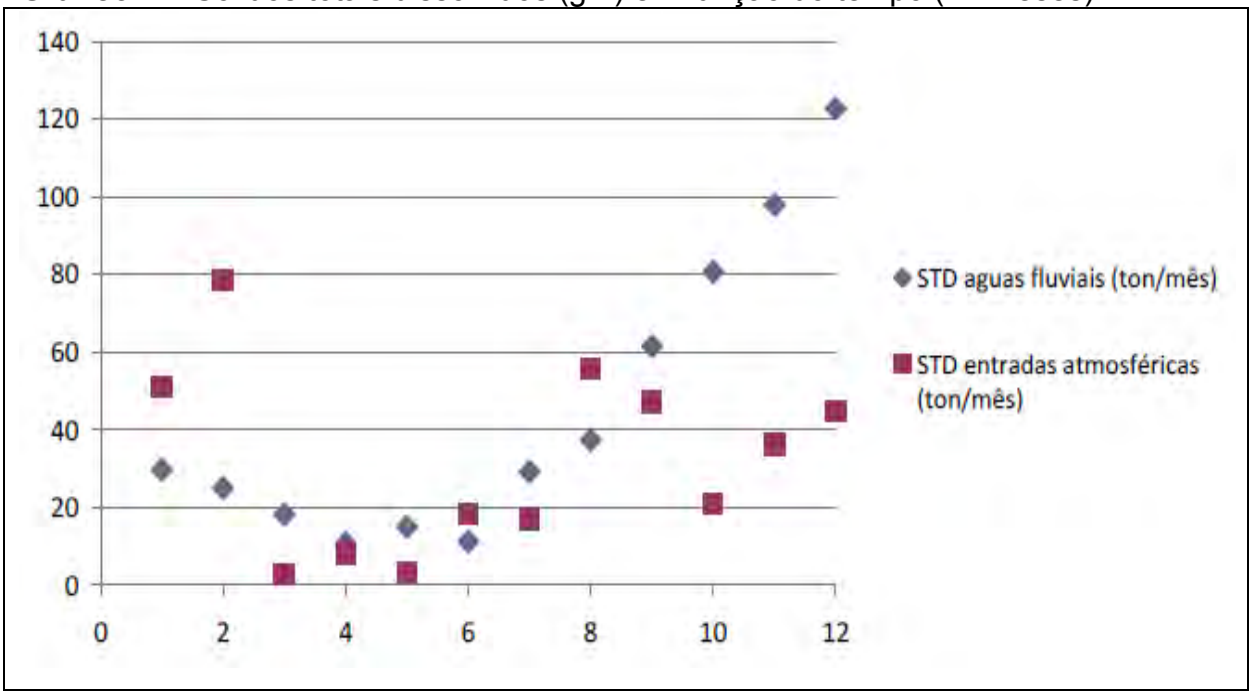
Tabela 4 – Balanço anual de STD (ton/mês) na bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

Meses	STD Fluvial	STD Pluvial	Balanço STD
Março	29,7	50,9	-21,2
Abril	25,0	78,4	-53,7
Maio	18,1	2,7	15,4
Junho	10,9	8,3	2,6
Julho	15,0	3,4	11,7
Agosto	11,2	18,2	-7,0
Setembro	29,2	17,1	12,1
Outubro	37,4	55,7	-18,2
Novembro	61,6	21,0	14,5
Dezembro	80,7	21,0	59,8
Janeiro	98,0	36,2	61,8
Fevereiro	122,8	44,7	78,0
Total	539,8	383,7	156,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

O fluxo total de sólidos totais dissolvidos nas águas fluviais por unidade de tempo e área foi quantificado em 10,79 ton/km²/ano e os sólidos totais dissolvidos devido à entradas atmosféricas, por unidade de tempo e área 7,67 ton/km²/ano. O Gráfico 1 expressa a concentração de sólidos totais dissolvidos em função do tempo (12 meses) para as águas fluviais e entradas atmosféricas.

Gráfico 1 – Sólidos totais dissolvidos (g/L) em função do tempo (12 meses).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, o cálculo da velocidade de alteração das rochas da bacia do Ribeirão Monjolo Grande é efetuado admitindo-se a densidade de 2,65g/cm³ para rochas areníticas, que compõe a maior parte da litologia da bacia e a diferença entre os sólidos totais dissolvidos transportados pelas águas do rio e os sólidos totais dissolvidos advindos das entradas atmosféricas. As variáveis obtidas são postas na Equação 4.

$$v = \frac{10^{-4}W}{\rho} \rightarrow v = \frac{10^{-4}.3{,}12}{2{,}65} \rightarrow v=0{,}0012$$

A partir do modelo proposto, conclui-se que a taxa de alteração das rochas na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande consiste em 1,12 m/MA. Por ser constituída predominantemente de arenítos, ricos em minerais de quartzo, as rochas do Ribeirão Monjolo Grande apresentam baixa alterabilidade, visto que os minerais de quartzo, dadas as suas características mineralógicas, são os que possuem menor alterabilidade química.

7 CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande é uma bacia estritamente rural, sem impactos causados pelo despejo de efluentes de atividades urbana e industriail. Os principais impactos ambientais advém do mau uso da terra, refletidos na retirada da vegetação ciliar para expansão de atividades agropastoris. A retirada da mata ciliar consiste em irregularidade, estando em desacordo com a resolução CONAMA 303/2002 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanentes, a qual prevê a manutenção da vegetação ciliar em pelos mentos trinta metros a partir do nível mais alto atingido pelo curso d'água.

Em decorrência deste mau uso da terra, também são observados processos erosivos que em estágios mais evoluídos causam assoreamento em alguns pontos do canal de drenagem. A falta de cobertura vegetal associada a vertentes com alto grau de inclinação, acentua os processos erosivos, fazendo com que parcelas agricultáveis do solo se percam, fato este que se reflete no teor de sedimentos transportados pela drenagem, alterando a qualidade das águas.

Este trabalho retratou o comportamento de alguns elementos da bacia hidrográfica em estudo nos períodos secos, chuvosos nos períodos de transição das estações chuvosas e secas. Para obtenção de uma diagnóstico ambiental completo, as taxas de erosão química constitui somente um dos parâmetros necessários para analise dos processos de intemperismo que atuam na evolução das vertentes, devendo ser complementado por uma maior variedade de estudos que visam observar o comportamento do meio físico.

8 REFERÊNCIAS

ANDREOZZI, S. L. **Planejamento e gestão de bacias hidrográficas:** uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica. 2005. 151 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

BAIND, C.; ROE, M. J.; DUTHIE, D. M. L.; THOMSON, C. M. The influence of mineralogy on weathering rates and processes in an acid-sensitive granitic catchment. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 16, n. 7-8, p. 931-937, 2001.

BOEGLIN, J. L.; PROBST, J. L. Physical and chemical weathering rates and CO2 consumption in a tropical lateritic environment: the upper Niger basin. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 148, n. 3-4, p. 137-156, 1998.

BONOTTO, D. M.; FUJIMORI K.; MOREIRA-NORDEMANN, L. M. Determination of weathering rate of the Morro do Ferro Th-REEs deposit, Brazil using U-isotope method. **Applied Radiation and Isotopes**, New York, v. 65, n. 5, p. 474-481, 2007.

BORTOLETTO JÚNIOR, M. J. **Características hidrogeoquímicas e processos erosivos mecânicos e químicos nas bacias de drenagem dos rios Tiete e Piracicaba.** 2004. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1999.

CLOW, D. W.; DREVER, J. I. Weathering rates as a function of flow through an alpine soil. C**hemical Geology**, Amsterdam, v. 132, n. 1-4, p. 131-141, 1996.

CONCEIÇÃO F. T.; BONOTTO D. M. Use of U-isotopes disequilibrium to evaluate the weathering rate and fertilizer-derived uranium at São Paulo State. **Environmental Geology**, New York, v. 44, n. 4, p. 408-418, 2003.

CONCEIÇÃO, F. T., BONOTTO, D. M. Weathering rates and anthropogenic influences in a sedimentary basin, São Paulo State, Brazil. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 19, n. 4, p. 575-591, 2004.

CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; BONOTTO, D. M. Hydrochemical relationship at Meio Stream watershed (Leme city), São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 390-401, 2007.

CORRÊA, E. A. **Caracterização da cobertura vegetal na Equação Universal de Perda de Solos (fator C) por meio de geotecnologias.** 2011. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

COSTA, A. L. C. **Estudo da Vulnerabilidade à erosão com aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na alta bacia hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING.** 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

FACINCANI, E. M. **Influencia da estrutura tectônica no desenvolvimento das boçorocas na região de São Pedro, SP.** 1995. 124 f. Proposta de reabilitação e aspectos jurídicos-institucionais correlatos. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

FACINCANI, E. M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista e Cuestas Arenito-Basalticas:** Regiões de São Carlos, São Paulo e Piracicaba. 2000. Tese. 222 f. (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciencias Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

FULVARO, V. J.; SUGUIO, K. A formação Rio Claro (Neo-cenozóico) e seu ambiente de deposição. **Boletim Instituto Geográfico e Geológico,** São Paulo, n. 20, p.45-60, 1968.

GRASBY, S. E.; HUTCHEO N. I.; KROUSE, H. T. The influence of water-rock interaction on the chemistry of thermal springs in western Canada. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 15, n. 7, p. 439-454, 2000.

GARRELS, R. M., MACKENZIE, F. T., 1967. Origin of the chemical composition of some springs and lakes. In: **Equilibrium concepts in natural waters systems.** Washington: American Chemical Society, Advances in Chemistry Series, 1967.

GIBBS, R. J. The geochemistry of the Amazon River system: Part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. **Geological Society of America Bulletin**, New York, v. 78, n. 10, p. 1203-1232, 1967.

HODSON M. E.; LANGAN S. J.; WILSON M. J. A sensitivity analysis of the PROFILE model in relation to the calculation of soil weathering rates. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 11, n. 6, p. 835-844, 1996.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981.

JHONSON, M. N.; LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H.; PIERCE, R. S. Rate of chemical weathering of silicate minerals in New Hampshire. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 32, n. 5, p. 531-538, 1968.

KOPTSIK G.; TEVEDAL S.; AAMLID D.; VENN K. Calculations of weathering rate and soil solution chemistry for forest soils in the Norwegian-Russian border area with the PROFILE model. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 14, n. 2, p. 173-185, 1999.

LAND, M.; INGRI, J.; ÖLANDER, B. Past and present weathering rates in northern Sweden. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 14, n. 6, p. 761-774, 1999.

LANGAN S.J.; REYNOLDS B.; BAIN D.C. The calculation of base cations release from the chemical weathering of soils derived from Paleozoic greywackes and shales in upland U.K. **Geoderma: an international journal of soil**, Amsterdam, v. 69, n. 3, p. 275-285, 1996.

LERMAN, A.; WU, L.; MACKENZIE, F. T. CO2 and H2SO4 consumption in weathering and material trasnport to the ocean, and their role in the global carbon balance. **Marine Chemistry**, Amsterdam, v. 106, p. 326-350, 2007

MOLDAN, B.; CERNÝ, J. **Biogeochemistry of Small Catchments:** A Tool for Environmental Research. New York: John Wiley & Sons, 1994.

MOREIRA-NORDEMANN, L. M. Use of 234U/238U disequilibrium in measuring chemical weathering rate of rocks. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 44, n. 1, p. 103-108, 1980.

MOREIRA-NORDEMANN, L. M. Salinity and weathering rate of rocks in a semi-arid region. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 71, n. 1-2, p. 131-147, 1984.

MORTATTI, J. **Erosão na Amazônia**: processos, modelos e balanços. 1995. 155 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MORTATTI, J.; PROBST, J. L. Silicate rock weathering and atmospheric/soil CO2 uptake in the Amazon basin estimated from river water geochemistry: seasonal and spatial variations. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 197, n. 1, p. 177-196, 2003.

MORTATTI, J.; PROBST, J. L.; BORTOLETTO JÚNIOR, M. J. Piracicaba river basin: mechanical and chemical erosions. **Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 75-81, 2003.

MORTATTI, J.; VICTORIA, R. L.; TARDY, Y. Balanço de Alteração e Erosão Química na Bacia Amazônica. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 1-13, 1997.

NKOUNKOU, R. R.; PROBST, J. L. Hydrology and geochemistry of the Congo River system. **Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers, Part 4.**SCOPE/UNEP – Sonderberg, n. 64, p. 483-508, 1987.Qual o nome do periodico, a cidade e o volume?

PEREIRA, L. H. **Caracterização da erosão hídrica laminar do solo em uma Bacia Hidrográfica com base na malha fundiária, por meio de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem.** 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

PACES, T. Rates of weathering and erosion derived from mass balance in small drainage basins. In: **Rates of Chemical Weathering of Rocks and Minerals.** Orlando: Academic Press Inc., 1986.Qual o nome do periodico, volume, numero e pagina?

PACHECO, F. A. L; Van der WEIJDEN, C. H. Mineral weathering rates calculated from spring water data: a case study in an area with intensive agriculture, the Morais Massif, northeast Portugal. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 583-603, 2002.

PENTEADO, M. M. Implicações tectônicas na Gênese das Cuestas da Bacia de Rio Claro. **Notícias Geomorfológicas.** Campinas, v.8, n15, p.19-41, 1968.

PRADO, H.; OLIVEIRA, J. B; ALMEIDA, C. L. A. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos.** Campinas. Instituto Agronômico, 1981. Escala 1:100.000.

PRESS, P.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RITTER, D. F.; KOCHEL, C. R.; MILER, J. R. **Process Geomorphology.** 5 ed. Long Grove: Waveland Press, inc, 2011.

SANTOS, C. M. **Avaliação da taxa de remoção de material dissolvido devido ao intemperismo químico da formação Serra Geral na bacia do Ribeirão Preto.** 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

SARDINHA, D. S. **Taxa de intemperismo químico e balanço anual de cátions e anions na bacia do rio Jaú (SP).** 2010. 109 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

SEMHI, K.; SUCHET, P. A.; CLAUER, N.; PROBST, J. L. Impact of nitrogen fertilizers on the natural weathering-erosion processes and fluvial transport in the Garonne basin. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 15, n. 6, p. 865-878, 2000.

SOARES, P. C., LANDIM, P. M. B. Aspectos da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27., 1973, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, 1973, v. 1, p. 243-256.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade:** uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

SPATTI, E. P. **Avaliação ambiental, caracterização da qualidade da água e transporte de sedimentos da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande (SP).** 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

STALLARD R. F.; EDMOND, J. M. Geochemistry of the Amazon: 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 88, n. 14, p. 9671 - 9688, 1983.

SVERDRUP H.; WARFVINGE, P. Calculating field weathering rates using a mechanistic geochemical model PROFILE. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 273- 283, 1993.

TARDY, Y. Characterization of the principal weathering types by the geochemistry of waters from some European and African crystalline massifs. **Chemical Geology**, Amsterdam, v.7, n. 4, p. 253-271, 1971.

THOMAS, F. M. **Geomorphology in the tropics:** a study of weathering and denudation in low latitudes. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth:** A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Cidade e editora?, 2011.

VELBEL, A. M.; PRICE, J. R. Solute geochemical mass-balances and mineral weathering rates in small watersheds: Methodology, recent advances, and future directions. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 22, n. 8, p. 1682-1700, 2007.

WEIJDEN, H. V.; PACHECO, F. A. L. Hydrogeochemistry in the Vouga River basin (central Portugal): Pollution and chemical weathering. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 21, n. 4, p. 580-613, 2006.

WHITE, A. F.; BLUM, A. E. Effects of climate on chemical weathering in watersheds. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 59, n. 9, p. 1729-1747, 1995.

XU, Z.; LIU, C.Q. Water geochemistry of the Xijiang basin rivers, South China: Chemical weathering and CO2 consumption. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 25, n. 10, p. 1603-1614, 2010.